





BEST AVAILABLE COPY**Digital filter with adjustable frequency response.**

Patent number: EP0179984
Publication date: 1986-05-07
Inventor: GOCKLER HEINZ DIPL-ING
Applicant: ANT NACHRICHTENTECH (DE)
Classification:
 - international: **H03H17/04; H03H17/04; (IPC1-7): H03H17/04**
 - european: **H03H17/04**
Application number: EP19850108390 19850706
Priority number(s): DE19843439977 19841102

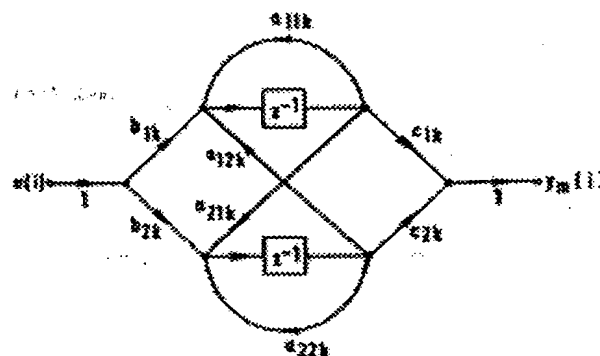
Also published as:

 JP61111013 (A)
 EP0179984 (A3)
 DE3439977 (A1)
 EP0179984 (B1)

Report a data error here

Abstract of EP0179984

The variable filter comprises multipliers, adders and/or summing circuits and delay sections and is characterised by a combination of the following features: 1. The filter exhibits a parallel structure comprising N blocks, 2. The individual blocks are first-degree and/or second-degree blocks and designed as operand filters (state filters), 3. In the first-degree blocks, one of the input or the output coefficients of the delay section is identically equal to one for any filter settings, 4. In the second-degree blocks, two of the eight coefficients are in each case equal in amount, the product of input and output coefficients being equal for both delay sections and the coefficients of the recursive section being equal in amount and not equal in sign for the alternating feedback of the delay sections and the coefficients for the self-feedback of the delay sections being equal.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11 Veröffentlichungsnummer:

0 179 984
A2

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 85108390.7

51 Int. Cl. 4: **H 03 H 17/04**

22 Anmeldetag: 06.07.85

30 Priorität: 02.11.84 DE 3439977

71 Anmelder: **ANT Nachrichtentechnik GmbH,**
Gerberstrasse 33, D-7150 Backnang (DE)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: 07.05.86
Patentblatt 86/19

72 Erfinder: **Göckler, Heinz, Dipl.-Ing.,** Elbinger Strasse 52,
D-7150 Backnang (DE)

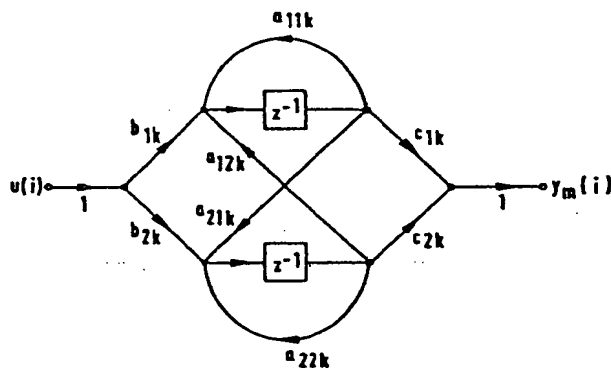
84 Benannte Vertragsstaaten: **CH DE GB LI NL**

74 Vertreter: **Schlickle, Gerhard, Dipl.-Ing., ANT**
Nachrichtentechnik GmbH Patent- und Lizenzabteilung
Gerberstrasse 33, D-7150 Backnang (DE)

54 **Digitalfilter mit beliebig einstellbarem Frequenzgang.**

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein veränderbares Digitalfilter mit beliebig einstellbarem Frequenzgang, mit Multiplizierern, Addierern und/oder Summierern und Verzögerungsgliedern und ist gekennzeichnet durch die Kombination der folgenden Merkmale:

1. Das Filter weist Parallelstruktur mit N Blöcken auf,
2. die einzelnen Blöcke sind Blöcke ersten Grades und/oder zweiten Grades und als Zustandsvariablenfilter (Zustandsraumfilter) ausgeführt,
3. bei den Blöcken ersten Grades ist einer der Eingangs- oder die Ausgangskoeffizienten des Verzögerungsgliedes für beliebige Filtereinstellungen identisch gleich Eins,
4. bei den Blöcken des zweiten Grades sind jeweils von den acht Koeffizienten zwei betragsgleich, wobei das Produkt aus Eingangs- und Ausgangskoeffizienten bei beiden Verzögerungsgliedern gleich ist und die Koeffizienten des Rekursivteils für die wechselseitige Rückkopplung der Verzögerungsglieder betragsgleich und vorzeichenungleich sind und die Koeffizienten für die Eigenrückkopplung der Verzögerungsglieder gleich sind.



EP 0 179 984 A2

ACTORUM AG

Digitalfilter mit beliebig einstellbarem Frequenz-
gang

Die Erfindung betrifft ein Digitalfilter mit beliebig einstellbarem Frequenzgang gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

Solche Digitalfilter sind bekannt, beispielsweise durch den Aufsatz von DEL RE und DE VIDI "A PRACTICAL METHOD OF COEFFICIENT COMPUTATION FOR A MICROPROCESSOR-CONTROLLED VARIABLE RECURSIVE DIGITAL FILTER" in Signal Processing 2 (1980), Seite 283 bis 287.

Nachteilig ist bei den vorbekannten Lösungen, daß die Bestimmungen der Koeffizienten zu kompliziert ist, daß die Anzahl der Koeffizienten zu groß ist und daß dadurch große Speicherkapazität erforderlich ist. Hinzu kommt, daß für manche Frequenzgangeinstellungen die Koeffizientenempfindlichkeit und damit die erforderliche Koeffizientenwortlänge zu groß ist.

Der Erfindung lag deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Digitalfilter der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem die Koeffizienten auf einfachere Art berechnet werden können und bei dem die Anzahl der zu berechnenden und abzuspeichernden Koeffizientenwerte verringert ist. Außerdem sollen Koeffizientenempfindlichkeit und -wortlänge für beliebige Frequenzgangeinstellungen klein sein.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale.

Zwar ist die Parallelform digitaler Filter an sich bekannt, beispielsweise durch das Buch von S.A. Tretter "Introduction to discrete-time signal processing", New York, John Wiley, 1976. Auch die Zustandsraumstruktur mit geringer Koeffizientenempfindlichkeit ist an sich bekannt durch den Aufsatz von Barnes "On the Design of Optimal

State-Space Realizations of Second-Order Digital Filters",
IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS, Vol. CAS-31,
No. 7, July 1984.

Erst durch die Kombination der beiden ersten Merkmale mit den Merkmalen, welche die Vorschriften für die Koeffizienten in den Blöcken des ersten bzw. zweiten Grades enthalten, ergeben sich die Vorteile einer deutlichen Aufwandsminderung für die eingangs genannten Digitalfilter, vor allem bei der Verwendung in einem extrem großen Variationsbereich.

Es folgt nun die Beschreibung der Erfindung anhand der Figuren.

Die Figur 1 zeigt das Blockschaltbild eines Digitalfilters in Paralleelform. Die Figur 2 zeigt die allgemeine Struktur eines veränderbaren Digitalfilters. In Figur 3 ist ein detailliertes Blockschaltbild für einen Block des ersten bzw. zweiten Grades für ein Ausführungsbeispiel dargestellt.

In Figur 1 ist eine Anzahl eingradiger Blöcke H11 bis H1L sowie eine Anzahl zweigradiger Blöcke H21 bis H2K erkennbar, welche mit dem Eingangssignal $u(i)$ gespeist werden und deren Ausgangssignale sowie das mit d bewertete Eingangssignal mittels eines Summierers zum Ausgangssignal $y(i)$ zusammengefaßt werden. Die Übertragungsfunktion dieses Filters ist

$$H(z) = Y(z)/U(z) = d + \sum_{l=1}^L H_{1l}(z) + \sum_{k=1}^K H_{2k}(z).$$

Für die Blöcke erster Ordnung ist die Übertragungsfunktion $H_{1l}(z) = R_l/(z - z_{\infty l})$ für $l = 1 \dots L$ mit $R_l \in \mathbb{R}$ und $z_{\infty l} \in \mathbb{C}$. Für die K Blöcke zweiter Ordnung gilt $H_{2K}(z) = R_k/(z - z_{\infty k}) + R_k^*/(z - z_{\infty k}^*)$ mit $z_{\infty k} = \rho_k \cdot \cos \theta_k + j \rho_k \sin \theta_k$

und $z_k = \rho_k \cos \theta_k - j \rho_k \sin \theta_k$.

Dabei sind ρ_k = Betrag und θ_k = Winkel der komplexen Polstelle in der z-Ebene und $R_k = R_{kr} + jR_{ki}$ das komplexe Residuum, wobei der Index r für den Realteil und der Index i für den Imaginärteil stehen. Das konjugiert komplexe Residuum ist $R_k^* = R_{kr} - jR_{ki}$.

In Figur 2 ist ein veränderbares Filter DF mit den Eingangsgrößen $u(i)$ und Ausgangsgröße $y(i)$ erkennbar. Mit Hilfe einer Steuerung St werden die Systemparameter zur Veränderung des digitalen Filters in dasselbe eingegeben. Die Steuerung kann entweder als Massenspeicher realisiert sein, in welchem all die verschiedenen Systemparameter eingespeichert sind, oder die Steuerung kann als Koeffizientenrechner realisiert sein, in dem durch Eingabe einer Wunschcharakteristik die verschiedenen Koeffizienten errechnet werden.

Für veränderbare Digitalfilter gemäß Figur 2, wie sie auch in dem oben aufgeführten Aufsatz von DEL RE und DE VIDI beschrieben sind, gelten die folgenden Systemanforderungen:

1. Die Systemeigenschaften (Frequenzgang) sollen nur durch wenige Systemparameter festlegbar sein, dadurch wird die benötigte Kapazität für den Massenspeicher bzw. der Aufwand für die zu berechnenden Parameter kleiner.
2. Die Berechnung der Systemparameter soll einfach, d.h. durch einen einfachen Algorithmus durchführbar sein.
3. Die Systemeigenschaften sollen über extreme Bereiche variierbar sein, wozu eine geringe Koeffizientenempfindlichkeit und damit gute Rauscheigenschaften über den gesamten Variationsbereich erforderlich sind.
4. Die Filterteilsysteme sollen so realisiert werden, daß sie frei sind von parasitären Schwingungen (Überlaufschwingungen, Grenzyklen), da wegen der Veränderbarkeit mit unerwarteten Störeffekten gerechnet werden muß, insbesondere beim Umschalten während des Betriebs.

Es sind Zustandsraumstrukturen für Filter bekannt, welche die Forderungen 3 und 4 mit der Globalstruktur von Figur 1 erfüllen, siehe Teilsysteme zweiter Ordnung nach Barnes. Diese benötigen jedoch viele Multiplizierer, und von deren Koeffizienten unterscheiden sich fast alle.

Die Figuren 3a und b zeigen bekannte empfindlichkeitsoptimale Zustandsraumstrukturen für Blöcke ersten und zweiten Grades. Die Koeffizienten des Teilsystems der zweiten Ordnung gemäß Figur 3b berechnen sich dabei nach Barnes. Dabei treten sieben verschiedene Koeffizienten auf; beim Block der ersten Ordnung sind es drei verschiedene Koeffizientenwerte.

Der Block ersten Grades des erfindungsgemäßen Digitalfilters hat den Vorteil, daß nur zwei variable, leicht bestimmbare Koeffizienten erforderlich sind. Beim Teilsystem der zweiten Ordnung sind nur vier betragsmäßig unterschiedliche Koeffizientenwerte zu berechnen, wobei die Bedingungen für optimale Empfindlichkeit $a_{11k} = a_{22k}$ und $b_{1k} \cdot c_{1k} = b_{2k} \cdot c_{2k}$ nach Barnes erfüllt sind und somit auch ein günstiges Rauschverhalten für beliebige Koeffizienteneinstellungen vorhanden ist.

Es ist zu beachten, daß durch jede Art von Skalierung die eben genannten Eigenschaften minimaler Anzahl von Koeffizientenspeicherplätzen verloren geht. Deshalb ist im Falle einer Festkommarealisierung die Koeffizientenwortlänge den unskalierten Koeffizientenwerten geeignet anzupassen bzw. groß genug für den zu erwartenden Filtervariationsbereich zu wählen. Im Falle einer Gleitkommarealisierung ist hierauf keine Rücksicht zu nehmen, da sich derartige Systeme selbst skalieren bzw. keine explizite Skalierung benötigen.

In Figur 3a ist ein Block erster Ordnung dargestellt, bestehend aus einem Verzögerungsglied VZ, welches gemäß der

Funktion z^{-1} um eine Taktzeit verzögert und welches eine Eigenrückkopplung aufweist, welche mit dem Koeffizientenwert b_1 bewertet ist. Die Eingangsgröße $u(i)$ wird mit dem Koeffizientenwert b_1 bewertet, mit der Eigenrückkopplung mittels Addierer addiert und anschließend dem Eingang des Verzögerungsgliedes VZ zugeführt. Der Ausgangswert des Verzögerungsgliedes ergibt mit dem Koeffizientenwert c_1 bewertet die Ausgangsgröße $y_m(i)$.

Die Figur 3b zeigt einen Block zweiter Ordnung, enthaltend zwei Verzögerungsglieder VZ1 und VZ2, die jeweils eine Eigenrückkopplung, mit a_{1k} bzw. a_{2k} bewertet, und eine wechselseitige Rückkopplung vom Ausgang des einen auf den Eingang des jeweils anderen Verzögerungsgliedes, mit a_{12k} bzw. a_{21k} bewertet aufweisen, sowie zwei Summierer, durch welche das Eingangssignal $u(i)$, mit b_{1k} bzw. b_{2k} bewertet, mit den Rückkopplungswerten summiert wird, und ein Addierer, durch welchen die Ausgangswerte der Verzögerungsglieder mit einem Koeffizientenwert c_{1k} bzw. c_{2k} bewertet zum Ausgangssignal $y_m(i)$ addiert werden.

Die Koeffizientenwerte beim Block erster Ordnung sind nun entweder $b_1 = R_1$ und c_1 identisch = 1 oder b_1 identisch = 1 und $c_1 = R_1$, wobei R_1 wie eingangs erwähnt das Residuum ist.

Für Figur 3b gelten die folgenden vier Varianten:

$$a_{1k} = a_{2k} = \xi_k \cdot \cos \theta_k = \text{Realteil} (z^{-k})$$

$$a_{21k} = -a_{12k} = \xi_k \cdot \sin \theta_k = \text{Imaginärteil} (z^{-k})$$

$$b_{1k} = c_{2k} = \pm \sqrt{|R_k| - R_{ki}}$$

$$b_{2k} = c_{1k} = \pm \text{sign} (R_{kr}) \cdot \sqrt{|R_k| + R_{ki}}$$

$$a_{1k} = a_{2k} = \xi_k \cos \theta_k$$

$$a_{12k} = -a_{21k} = \xi_k \sin \theta_k$$

$$b_{1k} = -c_{2k} = \pm \sqrt{|R_k| - R_{ki}}$$

$$b_{2k} = -c_{1k} = \mp \text{sign} (R_{kr}) \sqrt{|R_k| + R_{ki}}$$

6
- 1 -

0179984

BK 84/104

$$\begin{aligned} a_{11k} &= a_{22k} = \xi_k \cos \theta_k \\ a_{12k} &= -a_{21k} = \xi_k \sin \theta_k \\ b_{1k} &= c_{2k} = \pm \operatorname{sign}(R_{kr}) \sqrt{|R_k| + R_{ki}} \\ b_{2k} &= c_{1k} = \pm \sqrt{|R_k| - R_{ki}} \text{ und} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{11k} &= a_{22k} = \xi_k \cos \theta_k \\ a_{21k} &= -a_{12k} = \xi_k \sin \theta_k \\ b_{1k} &= -c_{2k} = \pm \operatorname{sign}(R_{kr}) \sqrt{|R_k| + R_{ki}} \\ b_{2k} &= -c_{1k} = \pm \sqrt{|R_k| - R_{ki}}. \end{aligned}$$

- 7 -

ANT Nachrichtentechnik GmbH
Gerberstr. 33
D-7150 Backnang

E7/Ruf/ei
BK 84/104

Patentansprüche

1. Digitalfilter mit beliebig einstellbarem Frequenzgang, mit Multiplizierern, Addierern und/oder Summierern und Verzögerungsgliedern, gekennzeichnet durch die Kombination der folgenden Merkmale:
 1. Das Filter weist Parallelstruktur mit N Blöcken auf,
 2. die einzelnen Blöcke sind Blöcke ersten Grades und/oder zweiten Grades und als Zustandsvariablenfilter (Zustandsraumfilter) ausgeführt,
 3. bei den Blöcken ersten Grades ist einer der Eingangskoeffizienten (b_1) oder Ausgangskoeffizienten (c_1) des Verzögerungsgliedes (VZ) für beliebige Filtereinstellungen identisch gleich Eins,
 4. bei den Blöcken des zweiten Grades sind jeweils von den acht Koeffizienten zwei betragsgleich, wobei das Produkt aus Eingangskoeffizienten ($b_{1k} \cdot c_{1k}$, $b_{2k} \cdot c_{2k}$) bei beiden Verzögerungsgliedern (VZ1, VZ2) gleich ist und die Koeffizienten (a_{12k} , a_{21k}) des Rekursivteils für die wechselseitige Rückkopplung der Verzögerungsglieder (VZ1, VZ2) betragsgleich und vorzeichenungleich sind und die

Koeffizienten (a_{11k} , a_{22k}) für die Eigenrückkopplung der Verzögerungsglieder ($VZ1$, $VZ2$) gleich sind.

2. Digitalfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingangskoeffizienten (b_{1k} , b_{2k}) der Verzögerungsglieder ($VZ1$, $VZ2$) bei den Blöcken des zweiten Grades jeweils betragsgleich den Ausgangskoeffizienten (c_{2k} , c_{1k}) des jeweils anderen Verzögerungsgliedes ($VZ2$, $VZ1$) sind.

3. Digitalfilter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Koeffizienten für die Blöcke des zweiten Grades folgendermaßen festgelegt sind:
 Der Betragswert der Koeffizienten des Rekursivteils für die Eigenrückkopplung (a_{11k} , a_{22k}) der Verzögerungsglieder ($VZ1$, $VZ2$) ist gleich dem Realteil der Polstelle im z -Bereich,
 der Betragswert der Koeffizienten des Rekursivteils für die wechselseitige Rückkopplung (a_{12k} , a_{21k}) der Verzögerungsglieder ($VZ1$, $VZ2$) ist gleich dem Imaginärteil der Polstelle im z -Bereich,
 die Betragswerte der Eingangs- (b_{1k} , b_{2k}) und Ausgangskoeffizienten (c_{1k} , c_{2k}) der Verzögerungsglieder ($VZ1$, $VZ2$) sind ausschließlich durch die Residuen der Partialbruchzerlegung der Übertragungsfunktion (Transmittanz) oder Wirkungsfunktion, ($H(z) = Y(z)/U(z)$) bestimmt.

4. Digitalfilter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Koeffizienten die folgenden Werte aufweisen:

$$a_{11k} = a_{22k} = g_k \cdot \cos \theta_k$$

$$a_{21k} = -a_{12k} = g_k \cdot \sin \theta_k$$

$$b_{1k} = c_{2k} = \pm \sqrt{R_{k1} - R_{k1}}$$


$$b_{2k} = c_{1k} = \pm \text{sign}(R_{kr}) \cdot \sqrt{R_{k1} + R_{k1}}$$

5. Digitalfilter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Koeffizienten die folgenden Werte aufweisen:
- $$\begin{aligned} a_{11k} &= a_{12k} = g_k \cdot \cos \theta_k \\ a_{12k} &= -a_{21k} = g_k \cdot \sin \theta_k \\ b_{1k} &= -c_{2k} = \pm \sqrt{|R_k| - R_{ki}} \\ b_{2k} &= -c_{1k} = \pm \operatorname{sign}(R_{kr}) \cdot \sqrt{|R_k| + R_{ki}}. \end{aligned}$$
6. Digitalfilter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Koeffizienten die folgenden Werte aufweisen:
- $$\begin{aligned} a_{11k} &= a_{22k} = g_k \cdot \cos \theta_k \\ a_{12k} &= -a_{21k} = g_k \cdot \sin \theta_k \\ b_{1k} &= c_{2k} = \pm \operatorname{sign}(R_{kr}) \cdot \sqrt{|R_k| + R_{ki}} \\ b_{2k} &= c_{1k} = \pm \sqrt{|R_k| - R_{ki}}. \end{aligned}$$
7. Digitalfilter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Koeffizienten die folgenden Werte aufweisen:
- $$\begin{aligned} a_{11k} &= a_{22k} = g_k \cdot \cos \theta_k \\ a_{21k} &= -a_{12k} = g_k \cdot \sin \theta_k \\ b_{1k} &= -c_{2k} = \pm \operatorname{sign}(R_{kr}) \sqrt{|R_k| + R_{ki}} \\ b_{2k} &= -c_{1k} = \mp \sqrt{|R_k| - R_{ki}}. \end{aligned}$$
8. Digitalfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei den Blöcken ersten Grades derjenige Eingangs- (b_1) oder Ausgangskoeffizient (c_1), der nicht identisch Eins ist, entsprechend der Bemessungsregel $b_1 \cdot c_1 = R_e$ mit dem Wert R_e bemessen werden.
9. Digitalfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß seine Signalverarbeitung in den Multiplizierern, Summierern oder Addierern und Verzögerungsgliedern in Gleitkommaarithmetik erfolgt.




EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

 Anmeldenummer: 85108390.7

 Int. Cl.⁴: H 03 H 17/04

 Anmeldetag: 06.07.85


 Priorität: 02.11.84 DE 3439977


 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 07.05.86 Patentblatt 86/19

 Veröffentlichungstag des später
 veröffentlichten Recherchenberichts: 24.06.87


 Benannte Vertragsstaaten:
 CH DE GB LI NL

 Anmelder: ANT Nachrichtentechnik GmbH
 Gerberstrasse 33
 D-7150 Backnang(DE)

 Erfinder: Göckler, Heinz, Dipl.-Ing.
 Elbinger Strasse 52
 D-7150 Backnang(DE)

 Vertreter: Schickle, Gerhard, Dipl.-Ing.
 ANT Nachrichtentechnik GmbH Patent- und
 Lizenzabteilung Gerberstrasse 33
 D-7150 Backnang(DE)

 Digitalfilter mit beliebig einstellbarem Frequenzgang.

-  1. Das Filter weist Parallelstruktur mit N Blöcken auf,
 2. die einzelnen Blöcke sind Blöcke ersten Grades und
 oder zweiten Grades und als Zustandsvariablenfilter
 (Zustandsraumfilter) ausgeführt,
 3. bei den Blöcken ersten Grades ist einer der Eingangs-
 oder die Ausgangskoeffizienten des Verzögerungsgliedes für
 beliebige Filtereinstellungen identisch gleich Eins,
 4. bei den Blöcken des zweiten Grades sind jeweils von

den acht Koeffizienten zwei betragsgleich, wobei das Produkt
 aus Eingangs- und Ausgangskoeffizienten bei beiden Verzö-
 gerungsgliedern gleich ist und die Koeffizienten des Rekursiv-
 teils für die wechselseitige Rückkopplung der Verzögeru-
 ngsglieder betragsgleich und vorzeichenungleich sind und
 die Koeffizienten für die Eigenrückkopplung der Verzögeru-
 ngsglieder gleich sind (Figur 3b).

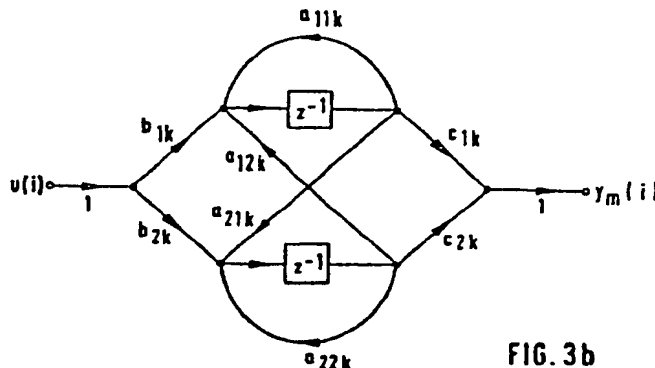


FIG. 3b

0179984



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 85 10 8390

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	1978 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS PROCEEDINGS, New York, 17.-19. Mai 1978, Seiten 289-296, IEEE, US; Z. ALI: "A configurable parallel arithmetic structure for recursive digital filtering" * Figuren 1a,b; Seiten 289-290, Abschnitt: "Biquad section" *	1	H 03 H 17/04
A	--- IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS, Band CAS-26, Nr. 3, März 1979, Seiten 149-153, IEEE, New York, US; L.B. JACKSON et al.: "Optimal synthesis of second-order state-space structures for digital filters" * Figur 1; Seiten 149-151, Abschnitt: "Noise minimization" *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
D,A	--- IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS, Band CAS-31, Nr. 7, Juli 1984, Seiten 602-608, IEEE, New York, US; C.W. BARNES: "On the design of optimal state-space realizations of second-order digital filters" * Insgesamt *	1	H 03 H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 31-03-1987	
		Prüfer COPPIETERS C.	
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p> <p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p> <p>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPA Form 1503 03 82

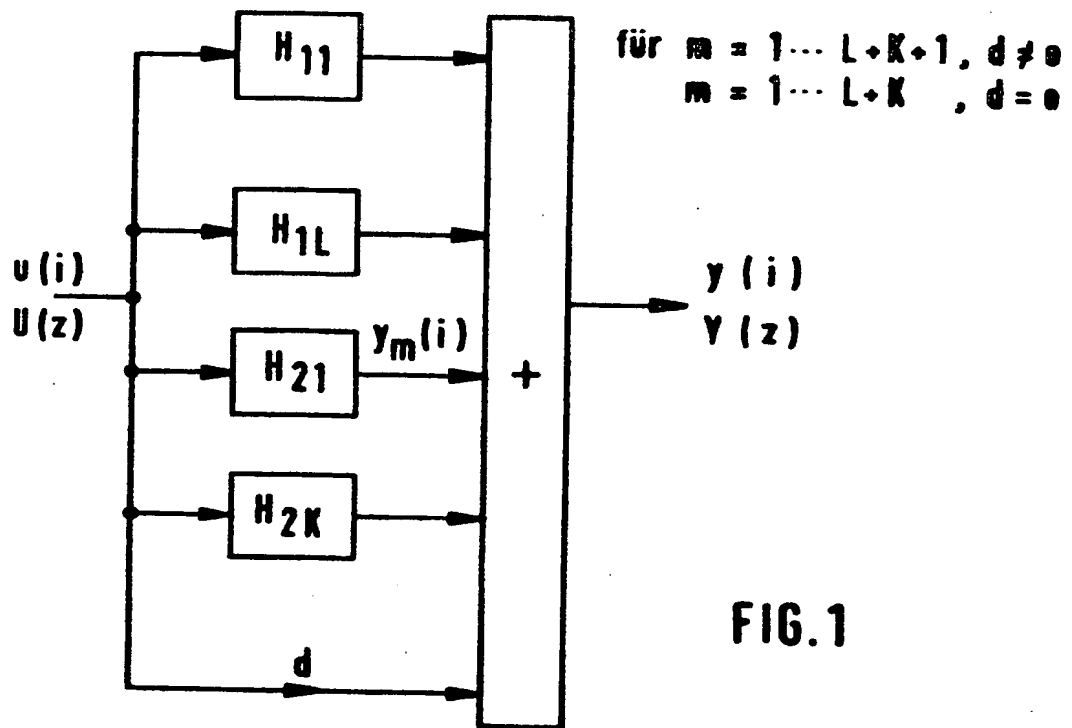


FIG. 1

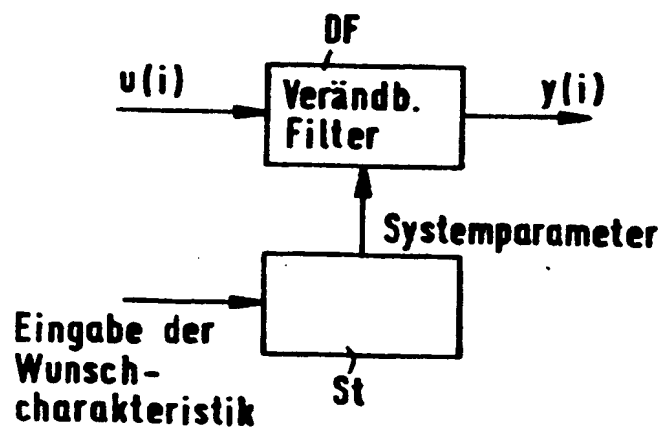


FIG. 2

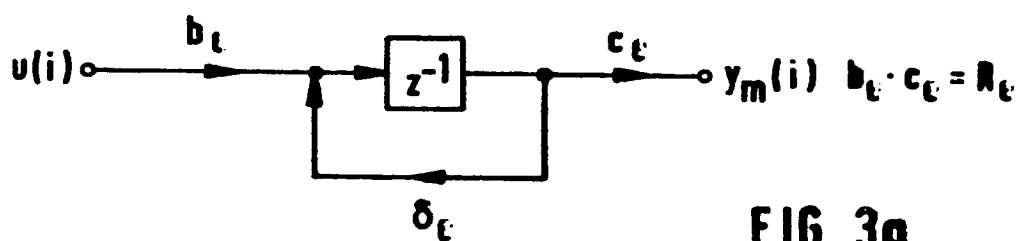


FIG. 3a

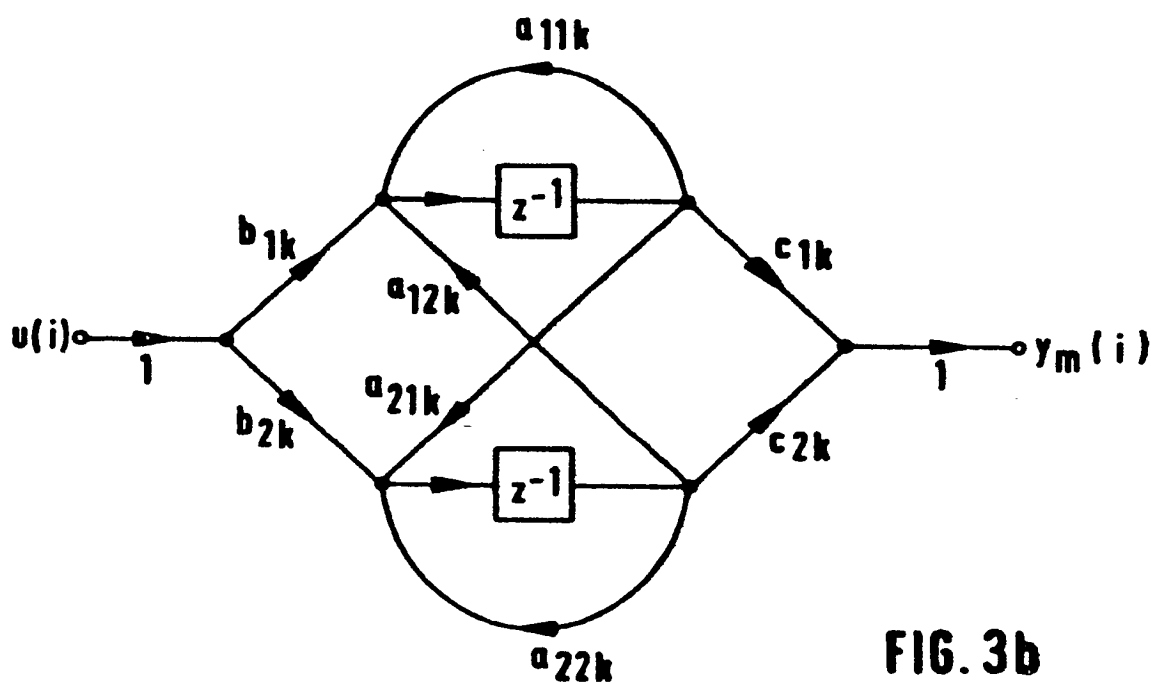


FIG. 3b

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)